

## PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 07-332957  
 (43)Date of publication of application : 22.12.1995

(51)Int.Cl. G01B 11/30

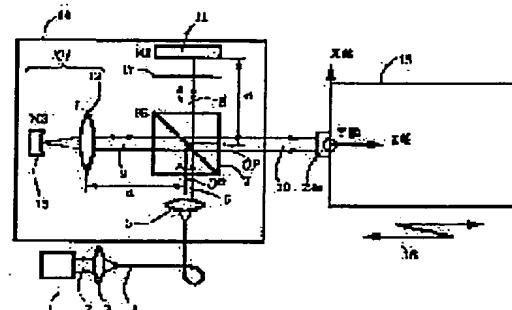
(21)Application number : 06-151660 (71)Applicant : CANON INC  
 (22)Date of filing : 09.06.1994 (72)Inventor : NEGISHI MASATO

**(54) MEASURING METHOD FOR STRAIGHTNESS AND STRAIGHTNESS-MEASURING APPARATUS USING THE METHOD**

**(57)Abstract:**

**PURPOSE:** To highly accurately measure a straightness of a moving mechanism by splitting a luminous flux from a light source means to two luminous fluxes, inverting one of the two luminous fluxes in a vertical and a horizontal directions and synthesizing the luminous flux with the other luminous flux.

**CONSTITUTION:** A laser beam 6 from a lens 5 is guided to a beam splitter 7 as a light-splitting means and divided to two beams, namely, a transmitting beam 8 and a reflecting beam 9. The beam 8 of the divided beams is reflected at a reflecting mirror 11 and then at the splitter 7. The other beam 9 is reflected at a reflecting mirror 13 to pass through the splitter 7. The other beam 9 is thus superposed with the beam 8, resulting in a synthesized light beam 10. A four-dividing photodiode 24a as a means for detecting a position of a light point is fixed to a moving body 15 which is movable in a direction of one axis 16. The beam 10 is brought into the photodiode 24a. A straightness of the moving body 15 can be measured without being influenced by fluctuations of an optical beam 2 of a light source 1 when a position of the light beam 10 is measured by the means 24a.



**\* NOTICES \***

JPO and INPIT are not responsible for any damages caused by the use of this translation.

1. This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
2. \*\*\*\* shows the word which can not be translated.
3. In the drawings, any words are not translated.

---

**CLAIMS**

---

**[Claim(s)]**

[Claim 1]A straightness measuring method measuring a straightness of this moving mechanism by compounding with light flux of another side and subsequently to a moving mechanism carrying out the light guide of this synthetic light after dividing light flux from a light source means into two light flux and reversing the direction of four directions of one light flux among these 2 \*\* light flux.

[Claim 2]A straightness measuring apparatus having compounded by light flux and a photosynthesis means of another side, and having measured a straightness of a moving mechanism using this synthetic light after dividing light flux from a light source means into two light flux by a light dividing means and reversing the direction of four directions of one light flux by an inverting means among these 2 \*\* light flux.

[Claim 3]After dividing light flux from a light source means into two light flux by a light dividing means and reversing the direction of four directions of one light flux by an inverting means among these 2 \*\* light flux, A straightness measuring apparatus having compounded by light flux and a photosynthesis means of another side, having carried out the light guide of this synthetic light to a light spot position detecting means provided in a moving mechanism, and having measured a straightness of this moving mechanism using a signal from this light spot position detecting means.

[Claim 4]Claim 2, wherein said inverting means has a convergent lens system, a cat's-eye optical system which established a reflector in the focal plane, or a cube corner reflector, or 3 straightness measuring apparatus.

[Claim 5]Claim 2, wherein said light dividing means and said photosynthesis means are the same members, or 3 straightness measuring apparatus.

[Claim 6]After dividing light flux from a light source means into two light flux by a light dividing means and reversing the direction of four directions of one light flux by an inverting means among these 2 \*\* light flux, A straightness measuring apparatus having compounded by light flux and a photosynthesis means of another side, having carried out the light guide of this synthetic light to a moving mechanism, having carried out the light

guide of the light flux through an optical member provided in this moving mechanism to a light spot position detecting means, and having measured a straightness of this moving mechanism using a signal from this light spot position detecting means.

[Claim 7]A straightness measuring apparatus of claim 6, wherein said optical member and said inverting means have a convergent lens system, a cat's-eye optical system which established a reflector in the focal plane, or a cube corner reflector.

[Claim 8]A straightness measuring apparatus of claim 6, wherein said light dividing means and said photosynthesis means are the same members.

---

[Translation done.]

**\* NOTICES \***

JPO and INPIT are not responsible for any damages caused by the use of this translation.

1. This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
2. \*\*\*\* shows the word which can not be translated.
3. In the drawings, any words are not translated.

---

**DETAILED DESCRIPTION**

---

**[Detailed Description of the Invention]****[0001]**

[Industrial Application] When this invention measures and controls the straightness of a moving mechanism especially used for a processing device, a form measuring apparatus, etc. about the straightness measuring apparatus which used a straightness measuring apparatus and it, it is preferred.

**[0002]**

[Description of the Prior Art] The moving mechanism used for a processing device or a form measuring apparatus forms the reference axis of this device, and is the constitutionally most important element of a device. It can decompose into six kinds of ingredients, and the moving accuracy of a moving mechanism can be considered, as shown in drawing 2.

[0003] Namely, when two axes which intersect the move direction of a moving mechanism perpendicularly mutually [ the Z-axis and others ] are set to X and Y, A movement component calls a straightness the displacement delta X and delta Y decomposed into X, Y, the displacement delta X, delta Y, delta Z, and X of a Z direction, Y, rotation displacement ingredient  $\delta\theta_x$  of the circumference of the Z-axis,  $\delta\theta_y$ , and  $\delta\theta_z$  here, It sets it as the purpose of this invention to provide the method and device which measure this straightness so that it may mention later.

[0004] About measurement of the straightness, various methods are proposed from the former.

[0005] Drawing 3 is Annals of the CIRP Vol.37/1/1988, and a principle explanatory view of the method using the tracking of the laser beam published by p.523.

[0006] In drawing 3, 1 is a laser light source, and it is being fixed to the base 100 and it is emitting the laser beam 2. 22 is a moving mechanism, and it is provided so that it may move to the direction of a laser beam, i.e., the Z direction in a figure, (the move direction 23) to the base 100. On the moving mechanism 22, XY slight movement mechanism 202 currently driven by the piezo actuator 203 arranges, and the laser beam 2 enters into the

quadrisection photo-diode (QPD) 201 for light spot position detection fixed to XY slight movement mechanism 202.

[0007]The beam incidence position measured by QPD201 is fed back to the piezo actuator 203, and it forms the control system so that the position of the laser beam which enters into QPD201 may become always fixed.  $\Delta X$  of the moving mechanism 22 and displacement of the direction of  $\Delta Y$ , i.e., a straightness, are measured from the voltage impressed to the piezo actuator 203 at this time.

[0008]

[Problem(s) to be Solved by the Invention]With the device shown in drawing 3, since the linearity of a laser beam is used as a standard of straightness measurement, there are various problems. These problems have a thing resulting from the stability of the laser beam itself, and a secondary thing which the heat which laser emits gives to the circumference. For example, there are the following problems.

[0009](A1) The directivity of a thing laser beam depended on the temporal response of the energy center position of a laser beam, and instability, For example, the energy center of a laser beam shifts to rectangular directions to the direction of movement of a beam slightly for the position gap by the heat of the mirror of resonator both ends used for a laser light source, heat modification of the mirror itself, etc., or the direction of movement changes with time. In a conventional example, since the deflection of this laser beam will be outputted as a straightness of a table as it is, it worsens the accuracy of measurement.

[0010](A2) what is depended on the energy distribution of a laser beam -- generally, the energy distribution of a actual laser beam changes with time also about the direction of movement of a beam rather than is uniform. By change of the energy distribution of this beam, the output of QPD changes and the accuracy of measurement is worsened by a conventional example.

[0011](A3) Although a laser light source generates heat to the general thing to depend on the influence on environmental temperature, Although it already said that a laser beam is influenced with the heat which laser generates, it deviates or energy distribution changes, if it considers further that generation of heat raises the surrounding temperature, depending on application, it will become a problem.

[0012]for example, the surrounding temperature change -- heat modification of a device under test -- easy -- \*\*\*\* -- when applying to the precise form measuring apparatus etc. which are assumed, it is not preferred that a heating source is in \*\*\*\*\* of a mobile.

[0013](A4) In the thing conventional example depended on the measure against heat of the laser light source which is metrics, the standard of a straightness is a laser light source and displacement of the moving mechanism over a laser light source is measured. Therefore, if there is no guarantee that the laser light source which is metrics does not move, there will be no reliability in measurement.

[0014]However, since the laser light source itself which is a straightness standard of a conventional example is also a heating source, in order to press down heat modification of

the laser itself, a laser mounting structure thing, etc., a precise temperature control is needed.

[0015]When this invention measures the straightness of a moving mechanism using the light flux from light source means, such as a laser light source, The energy center position and energy distribution of light flux from a light source means aim at offer of the straightness measuring apparatus using change, the straightness measuring method which can measure the straightness of a moving mechanism with high precision even if it becomes unstable, and it in time.

[0016]

[Means for Solving the Problem]

(1-1) After a straightness measuring method of this invention divides light flux from a light source means into two light flux and reverses the direction of four directions of one light flux among these 2 \*\* light flux, it is compounded with light flux of another side, and is characterized by measuring a straightness of this moving mechanism by subsequently to a moving mechanism carrying out the light guide of this synthetic light.

[0017](1-2) A straightness measuring apparatus of this invention divides light flux from a light source means (1-2-1) into two light flux by a light dividing means, After reversing the direction of four directions of one light flux by an inverting means among these 2 \*\* light flux, it compounds by light flux and a photosynthesis means of another side, and is characterized by having measured a straightness of a moving mechanism using this synthetic light.

[0018](1-2-2) Light flux from a light source means is divided into two light flux by a light dividing means, After reversing the direction of four directions of one light flux by an inverting means among these 2 \*\* light flux, it compounds by light flux and a photosynthesis means of another side, the light guide of this synthetic light is carried out to a light spot position detecting means provided in a moving mechanism, and it is characterized by having measured a straightness of this moving mechanism using a signal from this light spot position detecting means.

[0019]It is characterized by said especially inverting means's having a cat's-eye optical system or a cube corner reflector which established a reflector in a convergent lens system and its focal plane, and said light dividing means and said photosynthesis means being the same members etc.

[0020](1-2-3) Light flux from a light source means is divided into two light flux by a light dividing means, After reversing the direction of four directions of one light flux by an inverting means among these 2 \*\* light flux, It compounds by light flux and a photosynthesis means of another side, the light guide of this synthetic light is carried out to a moving mechanism, the light guide of the light flux through an optical member provided in this moving mechanism is carried out to a light spot position detecting means, and it is characterized by having measured a straightness of this moving mechanism using a signal from this light spot position detecting means.

[0021]It is characterized by especially said optical member's and said inverting means's having a cat's-eye optical system or a cube corner reflector which established a reflector in a convergent lens system and its focal plane, and said light dividing means and said photosynthesis means being the same members etc.

[0022]

[Example]Drawing 1 is an important section schematic diagram of Example 1 of this invention. One is generating the laser beam 2 in the laser light source as a light source means among a figure. The light guide of the laser beam 2 was carried out to the optical fiber 4 using the lens 3, and it is changed into the parallel laser beam 6 with the lens 5. Thus, by drawing the laser beam 2 with the fiber 4, the laser light source 1 as a heat source is isolated from the main frame 14.

[0023]The laser beam 6 from the lens 5 is led to the beam splitter 7 as a light dividing means, and it is divided so that the light intensity of an outline may become equal at two beams of the transmitted beam 8 and the reflective beam 9. Among these, it is made to reflect in the reflector 11 via the dimming filter 17, and the optical beam 8 which one side penetrated returns the original optical path, and is made to reflect it by the beam splitter 7.

[0024]The optical beam 9 reflected by the beam splitter 7 of another side is reflected by what is called the cat's-eye optical system 101 that consists of the reflector 13 arranged to the focal plane of the lens 12 and the lens 12, Return to the original optical path, the beam splitter 7 is made to penetrate, and it piles up with the previous optical beam 8, and is made the synthetic light beam 10. The cat's-eye optical system 101 constitutes the inverting means, reversed the direction of four directions of the incoming beam, and is returned to the original optical path.

[0025]He is trying for the distance d from the optic-axis OP center of the beam splitter 7 to the lens 12 and the distance d from the optic-axis OP center of the beam splitter 7 to the reflector 11 to become equal. The reflectance of the beam splitter 7 and the reflectance of the reflector 11 and the reflector 13 are set up so that the light intensity of the optical beam 8 reflected in the reflector 11 among the synthetic light beams 10 and the optical beam 9 reflected by the cat's-eye optical system 101 may become equal. Or he is trying for both light intensity to become equal using the dimming filter 17 provided into the optical path of the beam splitter 7 and the reflector 11.

[0026]Drawing 4 is an explanatory view showing superposition by the two optical beams 8 and 9 when the beam splitter 7 is used as a photosynthesis means. When light intensity distribution of the optical beam 8 is set to  $f(x, y)$ , the light intensity distribution of the optical beam 9 when compounding by the beam splitter 7 is set to  $f(-x, -y)$ . The light intensity g of the synthetic light beam 10 of the optical beams 8 and 9 at this time  $(x, y)$  is  $g(x, y) = \{f(x, y) + f(-x, -y)\} / 2 \dots (1)$

It becomes.

[0027]The light intensity distribution g of the synthetic light beam 10 obtained in this example  $(x, y)$  serves as a point pair elephant to the starting point of XY coordinates.

Namely,  $g(x, y) = g(-x, -y)$  ..... (2)

Therefore, the center of gravity of the optical beam intensity which integrated light intensity, i.e., the center position of an optical beam, serves as the starting point of XY axis. And  $f(x, y)$  does not depend the relation of (2) types how, but it is realized. Therefore, although the optical beam from a light source swings so that it may mention later, the centroid position of the light intensity  $g(x, y)$  is not influenced.

[0028]It fixes to the housing (main part) 14, the optical element mentioned above in this example is provided, and the housing 14 is fixed to the base which is not illustrated.

[0029]It fixes to the mobile (moving mechanism) 15 provided in 1 shaft orientations movable to the base (un-illustrating) 16 on the other hand, the photo-diode 24a of quadrisection as a light spot position detecting means is formed, and the previous synthetic light beam 10 is entered.

[0030]In this example, optical beam  $g(x, y)$  shown in (2) types is made into the standard of a straightness, by measuring the position of this optical beam by the light spot position detecting means 24a which was fixed to the mobile 15 and established, it is not influenced by fluctuation of the optical beam of a light source, but the straightness of the mobile 15 is made measurable.

[0031]Next, the feature of each element of this example is explained. Drawing 5 is an explanatory view of the processing circuit of the lightwave signal acquired with the photo-diode 24a.

[0032]Since the photo-diode 24a of the quadrisection which detects the incidence position of the synthetic light beam 10 outputs the signals 25a, 26a, 27a, and 28a corresponding to the light volume which enters into the quadrisected acceptance surface, this is amplified with the amplifier 29a, Signal  $ea_1$  corresponding to each light volume,  $ea_2$ ,  $ea_3$ , and  $ea_4$  have been obtained. These signals are added or subtracted in the arithmetic circuits 30a, 31a, and 32a, and division process is carried out by the sum of four signals using the division circuit 33a. Namely,  $e_x = (ea_1 + ea_2 - ea_3 - ea_4) / (ea_1 + ea_2 + ea_3 + ea_4)$  when the signal concerning  $e_x$  and Y shaft orientations in the signal about an X axial direction is made into  $e_y$  ..... (3)

$$e_y = (ea_1 + ea_4 - ea_2 - ea_3) / (ea_1 + ea_2 + ea_3 + ea_4) \text{ ---- -- (4)}$$

It has obtained more.

[0033]By calculating in this way, signal  $e_x$  corresponding to the direction of X and the direction of Y of the light spot position of the synthetic light beam 10 which enter into the photo-diode 24a without being influenced by change of the entering total light volume, and  $e_y$  have been obtained.

[0034]Suppose that the straightness errors  $\Delta X$  and  $\Delta Y$  arose in X in drawing 1, and the direction of Y as the mobile 15 moves in the move direction 16 in the above-mentioned composition now. Then, the relative position of the photo-diode 24a which are the synthetic

light beam 10 and a light spot position detecting means changes only delta X and delta Y. Voltage signal  $e_x$  and  $e_y$  which the circuit shown in drawing 5 at this time outputs express delta X and delta Y, i.e., a straightness, that it mentioned above.

[0035]Next, although the optical beam 6 swings in this example, it explains not being influenced. Drawing 6 and drawing 7 are the explanatory views of an about seven beam splitter [ of drawing 1 ] optical beam.

[0036]It stands on the standpoint of the geometric optics based on the tracking of light, the entering optical beam is considered to be a set of many beams of light, and the one beam of light L0 assumes that it is parallel to the optic axis OP, and separated only from delta first as shown in drawing 6. The beam splitter 7 is passed, and the beam of light reflected in the reflector M1 turns into the beam of light L1 which delta Separated from an optic-axis OP center, and is emitted.

[0037]The optical beam reflected by the beam splitter 7 on the other hand carries out parallel translation only of delta to a counter direction according to the cat's-eye optical system 101, and serves as the beam of light L2.

[0038]As mentioned above, since the beam of light L1 and the beam of light L2 are adjusted so that light intensity may become equal, as for the centroid position of beam intensity, they are not influenced.

[0039]Next, the beam of light L0 with which only the angle theta shifted from the optic axis OP as shown in drawing 7 is explained. The beam splitter 7 is passed like drawing 6, and the beam of light reflected in the reflector M1 turns into the beam of light L1 which angle theta Separated from an optic-axis OP center, and is emitted.

[0040]Only the angle theta changes direction to a counter direction according to the cat's-eye optical system 101, and the optical beam reflected by the beam splitter 7 on the other hand serves as the beam of light L2. As mentioned above, since the beam of light L1 and the beam of light L2 are adjusted so that light intensity may become equal, as for the centroid position of beam intensity, they are not influenced. He is trying for the distance d1 from the center of the beam splitter 7 to the reflector M1 and the distance d2 to the center of the lens 12 to become equal at this time.

[0041]Even if considering that the optical beam 6 is a set of these beams of light L0 as mentioned above it changes direction and light intensity distribution of the optical beam 6, the output of the light spot position detecting means 24a is not changed, and is not influenced.

[0042]In this example, straightness measurement of the mobile 15 is enabled without doing in this way and being influenced by change of an incident light beam.

[0043]Drawing 8 is an important section schematic diagram of Example 2 of this invention. It differs in that this example arranges the lambda/4 boards 18a and 18b respectively, and is aiming at effective use of light volume in the optical path of 2 divided light flux compared with Example 1 of drawing 1, using the polarization beam splitter 14 as a light dividing means, and other composition is the same.

[0044]After reflecting the vertical-polarized-light ingredient of the optical beam 6 by the polarization beam splitter 14, passing the 1/4 wavelength plate 18a, becoming circular light and reflecting by the cat's-eye optical system 101 in this example, the 1/4 wavelength plate 18a is passed again, it becomes horizontal polarized light at this time, and the polarization beam splitter 14 is passed.

[0045]Since the horizontal-polarized-light ingredient of the optical beam 6 which, on the other hand, passed the polarization beam splitter 14 passes the 1/4 wavelength plate 18b, and it passes the 1/4 wavelength plate 18b again after becoming circular light and reflecting in the reflector 11, it serves as vertical polarized light at this time, and is reflected by the polarization beam splitter 14. Since the synthetic light beam 10 compounded by the polarization beam splitter 14 at this time differs in the direction of polarization 90 degrees, the influence of interference does not receive it.

[0046]In this example, the same effect as Example 1 has been acquired, aiming at effective use of light volume using the synthetic light beam 10 at this time.

[0047]Drawing 9 is an important section schematic diagram of Example 3 of this invention. This example used the depolarizer 19 and the polarizing plate 20 instead of the dimming filter 17 compared with Example 2 of drawing 8, and has provided these into the optical path between the lens 5 and the polarization beam splitter 14. And it differs in that the fading rate is changed continuously in order to make equal optical beam intensity from the optical beam and the reflector 11 from the cat's-eye optical system 101, and other composition is the same.

[0048]After the optical beam 6 abolishes polarization by the depolarizer 19 in this example, linear polarization of the suitable angle is used to the polarization beam splitter 14 with the polarizing plate 20. The fading rate which changed and mentioned above the intensity of the optical beam which penetrates and reflects the polarization beam splitter 14 is changed continuously and simple by adjusting this angle at this time.

[0049]The depolarizer 19 is unnecessary when there is no difference in the level of the optical beam 6, and the light intensity distribution of a vertical-polarized-light ingredient in this example.

[0050]Drawing 10 is an important section schematic diagram of Example 4 of this invention. It differs in that this example uses the cube corner reflector 22 instead of the cat's-eye optical system 101 compared with Example 2 of drawing 8, and other composition is the same.

[0051]Next, although the optical beam 6 swings in this example, it explains not being influenced.

[0052]Drawing 11 and drawing 12 are the explanatory views of about 14 polarization beam splitter [ of drawing 10 ] light flux. In drawing 11 and drawing 12, the polarizing plates 18a and 18b and the dimming filter 17 are omitted.

[0053]It stands on the standpoint of the geometric optics based on the tracking of light, and the entering optical beam is considered to be a set of many beams of light, as the one

beam of light L0 shows drawing 11 first, it is parallel to the optic axis OP, and only delta assumes that it has got used. The beam splitter 14 is passed, and the beam of light reflected in the reflector 11 turns into the beam of light L1 which delta Separated from an optic-axis OP center, and is emitted.

[0054]The optical beam reflected by the beam splitter 14 on the other hand carries out parallel translation only of delta to a counter direction by the cube corner reflector 22, and serves as the beam of light L2. As mentioned above, since the beams of light L1 and L2 are adjusted so that light intensity may become equal, as for the centroid position of beam intensity, they are not influenced.

[0055]Next, the beam of light L0 with which only the angle theta shifted from the optic axis as shown in drawing 12 is explained. The beam splitter 14 is passed like drawing 11, and the beam of light reflected in the reflector 11 turns into the beam of light L1 which angle theta Separated from an optic-axis OP center, and is emitted.

[0056]Only the angle theta changes direction to a counter direction by the cube corner reflector 22, and the optical beam reflected by the beam splitter 14 on the other hand serves as the beam of light L2.

[0057]As mentioned above, since the beams of light L1 and L2 are adjusted so that light intensity may become equal, as for the centroid position of beam intensity, they are not influenced. He is trying for the distance d1 from the center of the beam splitter 14 to the reflector M1 and the distance d2 to the peak of the cube corner reflector 22 to become equal at this time.

[0058]Even if considering that the optical beam 6 is a set of these beams of light L0 as mentioned above it changes direction and light intensity distribution of the optical beam 6, the output of the light spot position detecting means 24a is not changed, and is not influenced.

[0059]In this example, straightness measurement of the mobile 15 is enabled without doing in this way and being influenced by change of an incident light beam.

[0060]When not correctly reflected from the problem of manufacture of the cube corner reflector 22, the beam of light which enters into the vertex vicinity of the cube corner reflector 22 in this example forms the mask 21 between the lens 5 and the polarization beam splitter 14, and should just carry out the mask of near the center of the optical beam 6.

[0061]Drawing 13 is an important section schematic diagram of Example 5 of this invention. This example shows the case where the straightness of the mobile (moving mechanism) 15 is concretely measured using each element of Example 1 of drawing 1. The same code number is given to the same element as the element shown by drawing 1 among the figure.

[0062]Among a figure, 55 are an optical system which has each element in the housing 14 shown in drawing 1, and are fixed to the base 100. The light guide of the laser beam 2 from the laser light source 1 is carried out to the optical system 55 via the lens 3 and the fiber 4

like Example 1 of drawing 1.

[0063]the moving mechanism 15 which is the device under test provided movable to the base 100 on the other hand -- X and the direction of Y -- a fine amount -- the movable slight movement table 58 is formed. And the displacement gage 60 which measures the driving means 59 which drives the slight movement table 58 to the moving mechanism 15, and its displacement is formed.

[0064]The same light spot position detecting means 54 as Example 1 is formed in the slight movement table 58, the signal from the light spot position detecting means 54 is inputted into the arithmetic circuit 56, and signal  $e_x$  of a straightness error and  $e_y$  are calculated from this.

[0065]Signal  $e_x$  corresponding to the straightness outputted from this arithmetic circuit 56 and  $e_y$  are led to the amplifier 57, It feeds back to the driving means 59 of the previous slight movement table 58, and by moving the slight movement table 58 from this, it is controlling so that signal  $e_x$  and  $e_y$  become zero.

[0066]Displacement of the slight movement table 58 at this time is measured by the displacement system 60, and when displacement of X which that displacement gage outputs, and the direction of Y is made into  $S_x$  and  $S_y$ , it is equivalent to the straightnesses delta X and delta Y of the slight movement table 58.

[0067]Since only the zero point is used even when  $e_x$  and  $e_y$  are not proportional to the changing signal of the current beam position even if the light spot position detection system 54 is nonlinear in the case of this example namely, highly precise straightness measurement is attained.

[0068]In this example, since it is not influenced by the error (nonlinear errors) of the light spot position detecting means 54, accuracy improves (it depends for the accuracy in this case only on the error of measurement of the displacement gage 60). In order for what is necessary to be just to constitute the light spot position detecting means 54 so that only the detection power of the current beam position may be raised, the time [ it ] of adjustment becomes there are few restrictions at the time of a actual circuit design (for example, restrictions about lineality, a distortion rate, etc.), and easy.

[0069]Drawing 14 is an important section schematic diagram of Example 6 of this invention. It differs in that this example established the optical system 15 on the moving mechanism 15 compared with Example 5 of drawing 13, and the light spot position detecting means 54, the slight movement table 58 and the driving means 59 (un-illustrating), and the displacement system 60 (un-illustrating) are formed in the base 100, and other composition is the same.

[0070]Since the light spot position detecting means 54 is being fixed to the base 100 according to this example, the cable which takes out the output signal is also fixable to the base 100. Therefore, compared with Example 5 which moves with the mobile 15, a cable

bends, a cable extends, there is no \*\* and the reliability over an open circuit etc. improves. Since a cable is immobilization, the noise which a cable receives from an external magnetic field does not change with table positions, either, but is effective in being easy to take measures.

[0071] Drawing 15 is an important section schematic diagram of Example 7 of this invention. This example establishes the beam splitter 36 and the light spot position detecting means 24a in the housing 14 instead of providing a light spot position detecting means in the mobile 15 compared with Example 1 of drawing 1, It differs in that the cat's-eye optical system 102 which comprises the lens 34 and the concave reflector 35 arranged to the focal plane is established in the mobile 15, and other composition is the same.

[0072] In this example, passed the beam splitter 36, it was made to reflect by the cat's-eye optical system 102 in the mobile 15, and the synthetic light beam 10 from the beam splitter 7 is returned to the original optical path. And it is made to reflect by the beam splitter 36 in the housing 14, and the light guide is carried out to the light spot position detecting means 24a. And the straightness of the mobile 15 is measured like Example 1 using the signal from the light spot position detecting means 24a.

[0073] According to this example, the position on the light spot position detecting means 24a side of the optical beam reflected by the cat's-eye optical system 102 on the mobile 15 to the straightness errors delta X and delta Y of the mobile 15 is set to 2deltaX and 2deltaY, and detection sensitivity doubles compared with Example 1.

[0074] The cable etc. which accompany the quadrisection photo-diode and it which are light spot position detecting means are in the beam outgoing radiation side. Therefore, compared with Example 1 which moves with the mobile 15, a cable bends, a cable extends, there is no \*\* and the reliability over an open circuit etc. improves. Since a cable is immobilization, the noise which a cable receives from an external magnetic field does not change with table positions, either, but is effective in being easy to take measures.

[0075] A cube corner reflector may be used instead of the cat's-eye optical system 102 installed in the mobile 15 in this example.

[0076] Drawing 16 is an important section schematic diagram of Example 8 of this invention. This example establishes the light spot position detecting means 24a in the housing 14 instead of providing a light spot position detecting means in the mobile 15 compared with Example 1 of drawing 1, It differs in that the cat's-eye optical system 102 which comprises the lens 34 and the concave reflector 35 arranged to the focal plane is established in the mobile 15, and other composition is the same.

[0077] In this example, the synthetic light beam 10 from the beam splitter 7 was reflected by the cat's-eye optical system 102 in the mobile 15, and it has returned to the original optical path. And the light guide is carried out to the light spot position detecting means 24a established in the housing 14. And the straightness of the mobile 15 is measured like Example 1 using the signal from the light spot position detecting means 24a.

[0078] Since this example does not use the beam splitter 36 compared with Example 7, it

has the feature that few light volume losses are.

[0079]In this example, a cube corner reflector may be used instead of the cat's-eye optical system 102.

[0080]

[Effect of the Invention]In this invention, each element is set up as mentioned above. Therefore, when measuring the straightness of a moving mechanism using the light flux from light source means, such as a laser light source, The energy center position and energy distribution of light flux from a light source means can attain in time change, the straightness measuring method which can measure the straightness of a moving mechanism with high precision even if it becomes unstable, and the straightness measuring apparatus using it.

[0081]In addition, according to this invention, the influence of the deflection of the optical beam emitting angle outputted from a light source means (B1) is canceled, and the influence of it is lost. Therefore, highly precise straightness measurement is attained.

[0082](B-2) Heterogeneity mist beam cancellation of the energy distribution of the optical beam outputted from a light source means is carried out. Therefore, highly precise straightness measurement is attained.

[0083](B3) The light source used for this invention as mentioned above may have the large unevenness of the deflection of an optical beam emitting angle, or the energy distribution of an optical beam. Therefore (B3-1), since the tolerance level to a light source (B3-2) which is possible also for using the cheap semiconductor laser and high-intensity LED of a price for a light source, and can make cost of a device and size small is large, an application range spreads.

[0084](B4) A beam splitter, a mirror, etc. are optics and the standard of a straightness does not generate heat. Therefore (B4-1), there are no problems, such as a temperature drift, and the high accuracy of measurement becomes possible. If an optical system is manufactured especially with low-thermal-expansion glass etc., the special (B4-2) cooling by which an effect is enhanced further, temperature control, etc. will not be needed, but it will be useful for a cost cut.

[0085](B5) Accuracy is not reduced even if it arranges the light source which is a heating source in the distance. Therefore, the influence on environmental temperature is severe, for example, the application to a form measuring apparatus etc. becomes easy.

The straightness measuring apparatus using a straightness measuring method and it with the effect of \*\* can be attained.

---

[Translation done.]

**\* NOTICES \***

JPO and INPIT are not responsible for any  
damages caused by the use of this translation.

1. This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
2. \*\*\*\* shows the word which can not be translated.
3. In the drawings, any words are not translated.

---

**DESCRIPTION OF DRAWINGS**

---

[Brief Description of the Drawings]

[Drawing 1] The important section schematic diagram of Example 1 of this invention

[Drawing 2] The explanatory view of the moving accuracy of a moving mechanism

[Drawing 3] The important section schematic diagram of the conventional straightness measuring apparatus

[Drawing 4] The explanatory view showing composition of 2 light flux concerning this invention

[Drawing 5] The explanatory view of the processing circuit of the output signal from the light spot position detecting means of drawing 1

[Drawing 6] Some explanatory views of drawing 1

[Drawing 7] Some explanatory views of drawing 1

[Drawing 8] The important section schematic diagram of Example 2 of this invention

[Drawing 9] The important section schematic diagram of Example 3 of this invention

[Drawing 10] The important section schematic diagram of Example 4 of this invention

[Drawing 11] Some explanatory views of drawing 10

[Drawing 12] Some explanatory views of drawing 10

[Drawing 13] The important section schematic diagram of Example 5 of this invention

[Drawing 14] The important section schematic diagram of Example 6 of this invention

[Drawing 15] The important section schematic diagram of Example 7 of this invention

[Drawing 16] The important section schematic diagram of Example 8 of this invention

[Description of Notations]

1 Light source

2, 6 optical beams

3 Lens 1

4 Optical fiber

5 Lens 2

7 and 36 Beam splitter (BS)

8 The optical beam which passed the beam splitter

- 9 The optical beam which reflected the beam splitter
- 10 The compound optical beam
- 11 Plane mirror (M1)
- 12, 34 positive lenses (L)
- 13 Lieberkuhn (M2)
- 14 Polarization beam splitter (PBS)
- 15 Mobile
- 16 The move direction
- 17 Dimming filter
- 18a, 18b 1/4 wavelength plate (lambda/4)
- 19 Depolarizer (DP)
- 20 Polarizer (a polarizing plate, P)
- 21 Mask
- 22 Cube corner reflector (CC)
- 24 Quadrisection photo-diode
- 25 The output 1 of a photo-diode
- 26 The output 2 of a photo-diode
- 27 The output 3 of a photo-diode
- 28 The output 4 of a photo-diode
- 29 and 57 Amplifier
- 30 Arithmetic circuit 1
- 31 Arithmetic circuit 2
- 32 Addition circuit
- 33 Division circuit
- 35 Concave lens
- 54 Light spot position detection system
- 55 Optical system
- 56 Arithmetic circuit system
- 58 XY slight movement table
- 59 The driving means of XY slight movement table
- 60 Displacement gage
- 100 Base
- 101,102 Cat's-eye optical system
- 201 Quadrisection pin photodiode (QPD)
- 202 XY slight movement mechanism
- 203 Piezo actuator

---

[Translation done.]

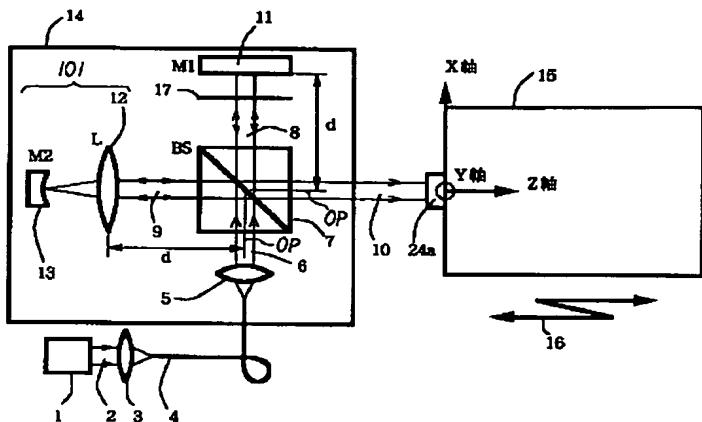
## \* NOTICES \*

JPO and INPI are not responsible for any damages caused by the use of this translation.

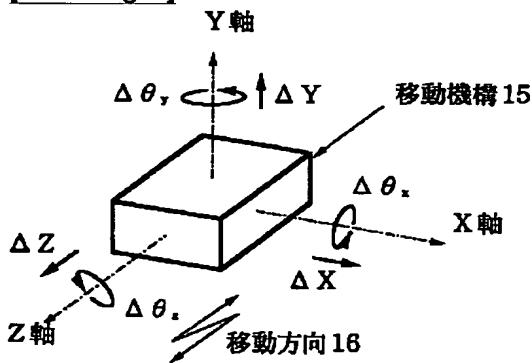
1. This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
2. \*\*\*\* shows the word which can not be translated.
3. In the drawings, any words are not translated.

## DRAWINGS

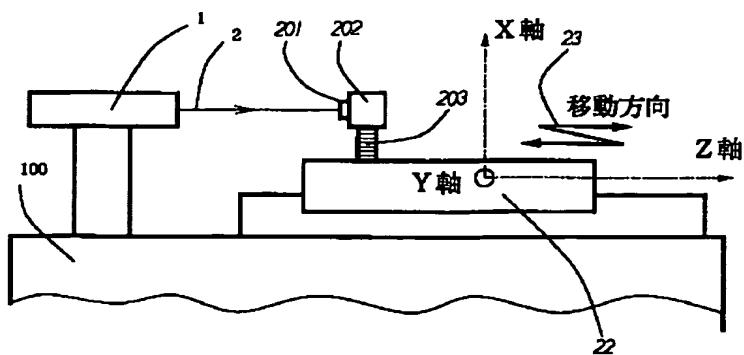
### [Drawing 1]



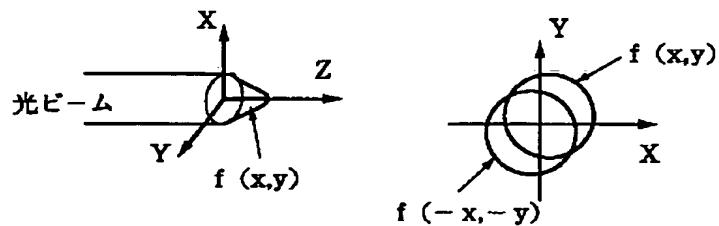
### [Drawing 2]



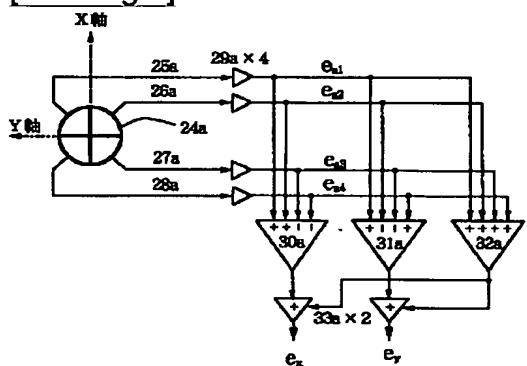
### [Drawing 3]



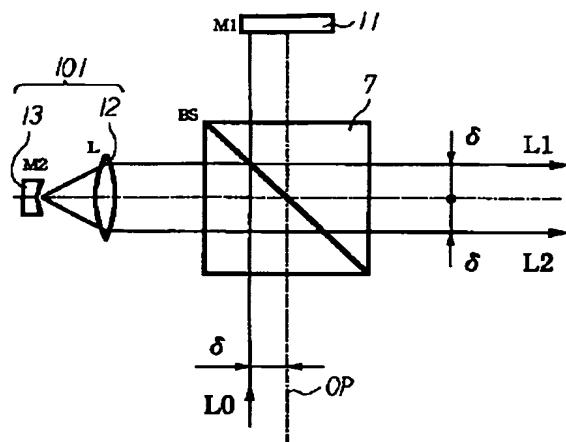
[Drawing 4]



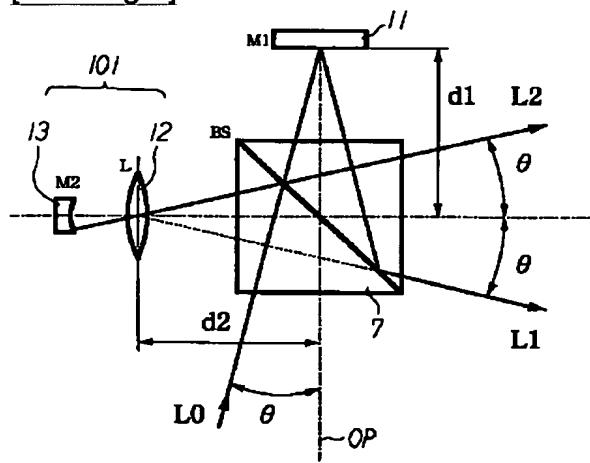
[Drawing 5]



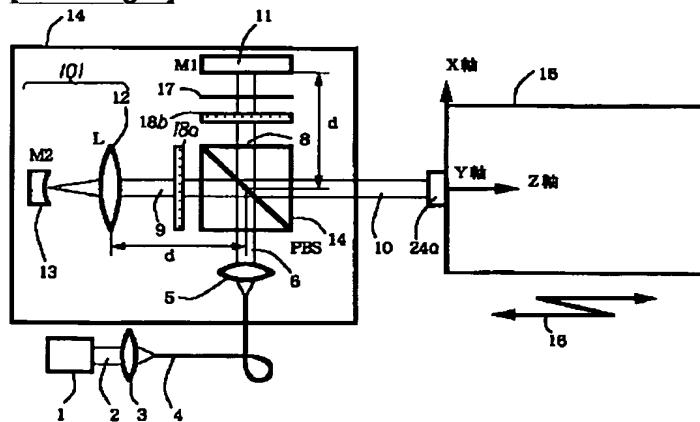
[Drawing 6]



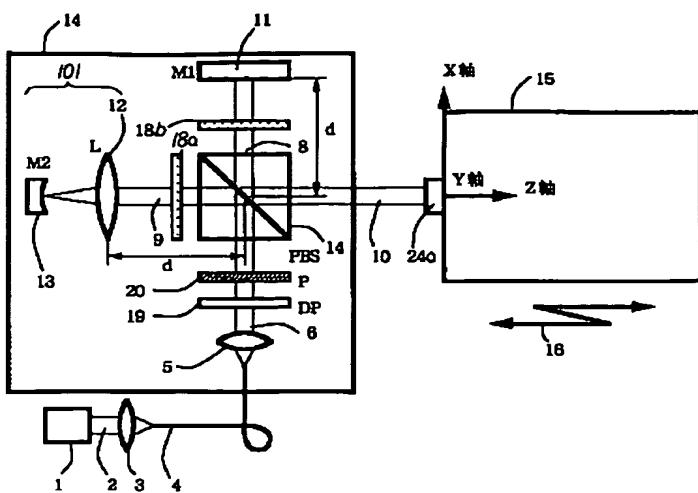
### [Drawing 7]



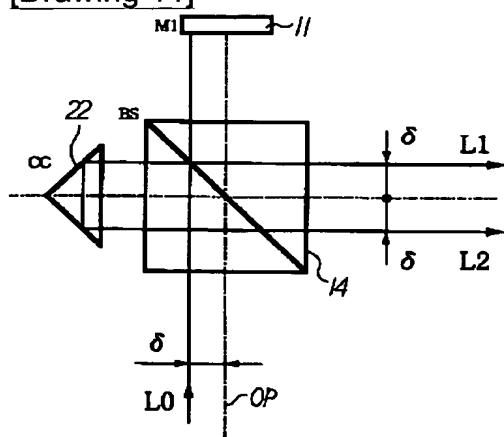
### [Drawing 8]



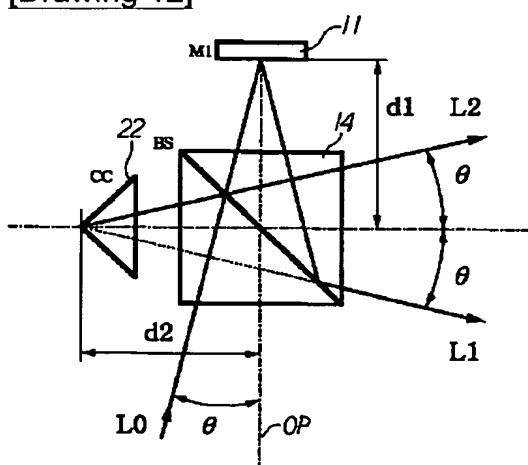
### [Drawing 9]



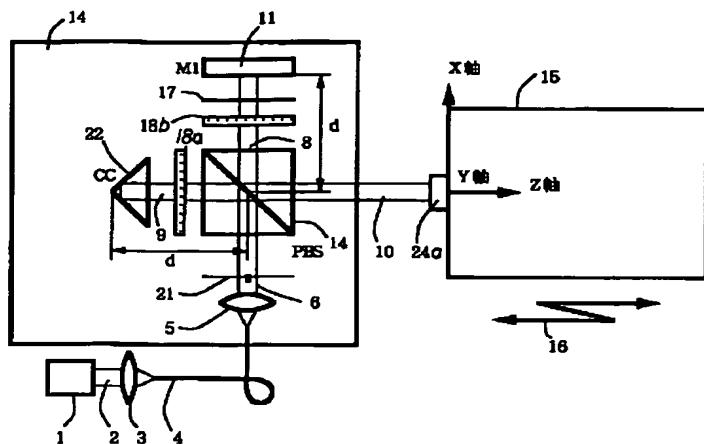
[Drawing 11]



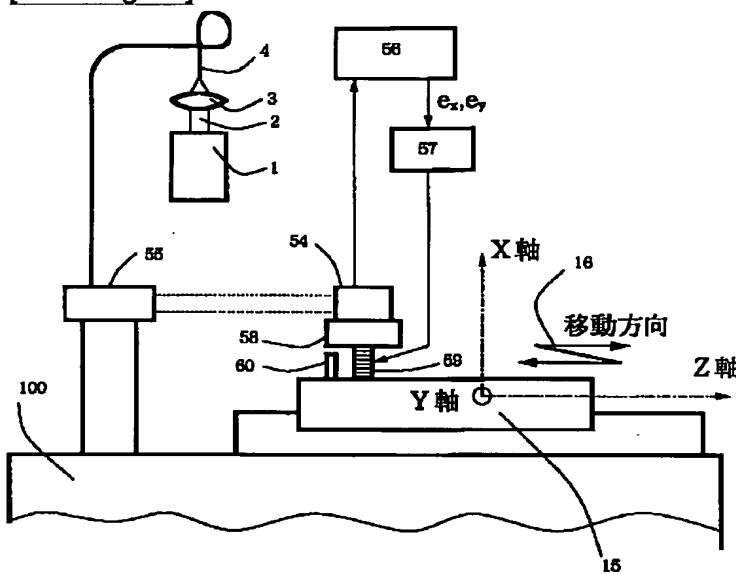
[Drawing 12]



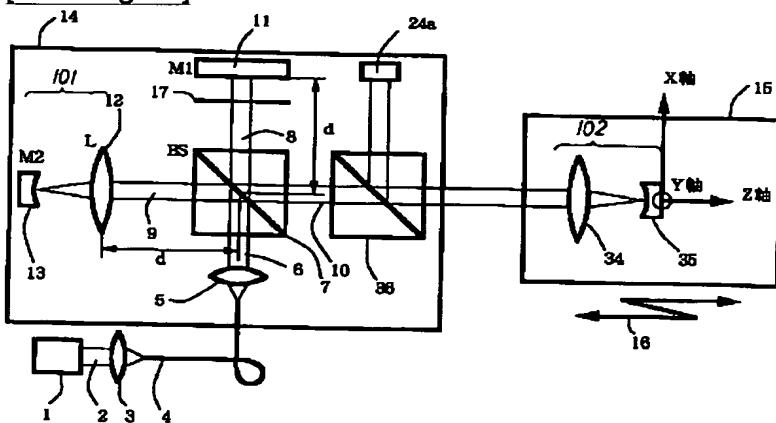
[Drawing 10]



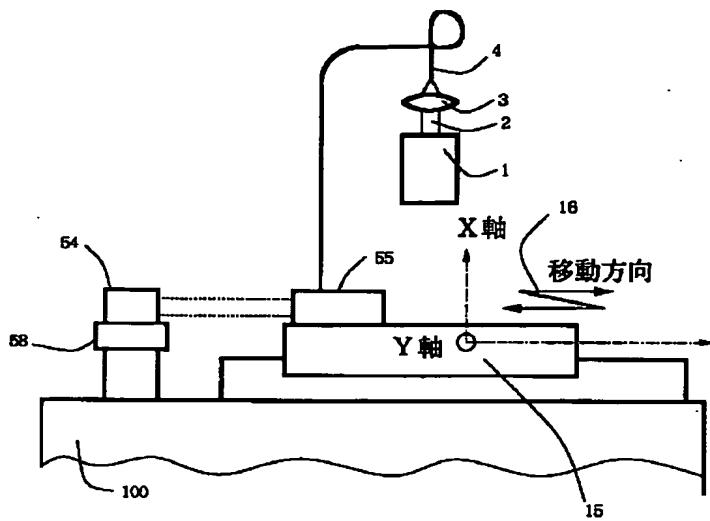
### [Drawing 13]



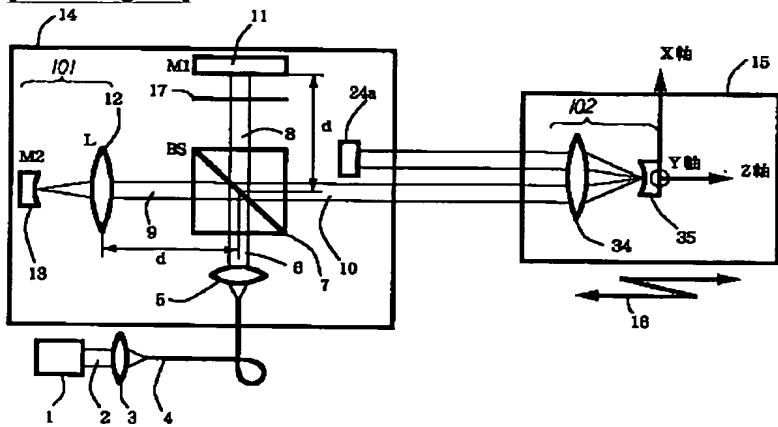
### [Drawing 15]



**[Drawing 14]**



[Drawing 16]




---

[Translation done.]

**\* NOTICES \***

JPO and INPIT are not responsible for any damages caused by the use of this translation.

1. This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
2. \*\*\*\* shows the word which can not be translated.
3. In the drawings, any words are not translated.

---

**CORRECTION OR AMENDMENT**

---

[Kind of official gazette] Printing of amendment by the regulation of 2 of Article 17 of Patent Law

[Section classification] The 1st classification of the part VI gate

[Publication date] December 14 (2001.12.14), Heisei 13

[Publication No.] JP,7-332957,A

[Date of Publication] December 22, Heisei 7 (1995.12.22)

[Annual volume number] Publication of patent applications 7-3330

[Application number] Japanese Patent Application No. 6-151660

[The 7th edition of International Patent Classification]

G01B 11/30 101

[FI]

G01B 11/30 101 A

[Written amendment]

[Filing date] May 28, Heisei 13 (2001.5.28)

[Amendment 1]

[Document to be Amended] Specification

[Item(s) to be Amended] 0029

[Method of Amendment] Change

[Proposed Amendment]

[0029] It fixes to the mobile (moving mechanism) 15 provided in the 1 shaft orientations 16 movable to the base (un-illustrating) on the other hand, the photo-diode 24a of quadrisection as a light spot position detecting means is formed, and the previous synthetic light beam 10 is entered.

[Amendment 2]

[Document to be Amended] Specification

[Item(s) to be Amended] 0069

[Method of Amendment]Change

[Proposed Amendment]

[0069]Drawing 14 is an important section schematic diagram of Example 6 of this invention. It differs in that this example established the optical system 55 on the moving mechanism 15 compared with Example 5 of drawing 13, and the light spot position detecting means 54, the slight movement table 58 and the driving means 59 (un-illustrating), and the displacement system 60 (un-illustrating) are formed in the base 100, and other composition is the same.

---

[Translation done.]

(19)日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11)特許出願公開番号

特開平7-332957

(43)公開日 平成7年(1995)12月22日

(51)Int.Cl.<sup>6</sup>

G 0 1 B 11/30

識別記号

府内整理番号

1 0 1 A

F I

技術表示箇所

審査請求 未請求 請求項の数8 FD (全11頁)

(21)出願番号 特願平6-151660

(22)出願日 平成6年(1994)6月9日

(71)出願人 000001007

キヤノン株式会社

東京都大田区下丸子3丁目30番2号

(72)発明者 根岸 真人

東京都大田区下丸子3丁目30番2号 キヤ  
ノン株式会社内

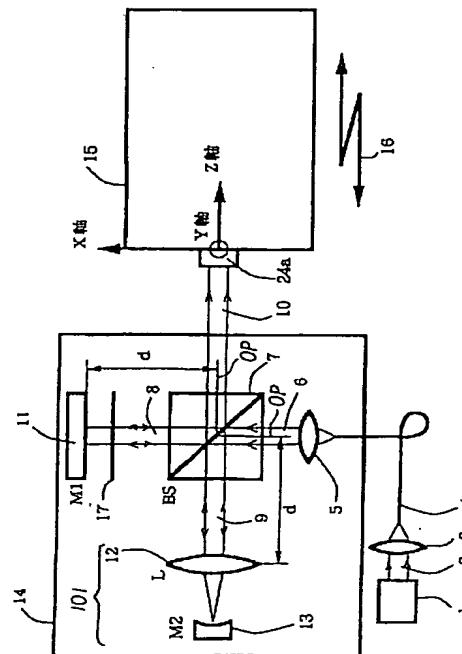
(74)代理人 弁理士 高梨 幸雄

(54)【発明の名称】 真直度測定方法及びそれを用いた真直度測定装置

(57)【要約】

【目的】 レーザ光の出力分布にゆらぎがあつても移動機構の真直度を高精度に測定することができる真直度測定方法及びそれを用いた真直度測定装置を得ること。

【構成】 光源手段からの光束を2つの光束に分割し、該2つの光束のうち一方の光束の上下左右方向を反転させた後、他方の光束と合成し、次いで該合成光を移動機構に導光することにより該移動機構の真直度を測定すること。



## 【特許請求の範囲】

【請求項1】 光源手段からの光束を2つの光束に分割し、該2つの光束のうち一方の光束の上下左右方向を反転させた後、他方の光束と合成し、次いで該合成光を移動機構に導光することにより該移動機構の真直度を測定したことを特徴とする真直度測定方法。

【請求項2】 光源手段からの光束を光分割手段で2つの光束に分割し、該2つの光束のうち一方の光束の上下左右方向を反転手段で反転させた後、他方の光束と光合成手段で合成し、該合成光を利用して移動機構の真直度を測定していることを特徴とする真直度測定装置。

【請求項3】 光源手段からの光束を光分割手段で2つの光束に分割し、該2つの光束のうち一方の光束の上下左右方向を反転手段で反転させた後、他方の光束と光合成手段で合成し、該合成光を移動機構に設けた光点位置検出手段に導光し、該光点位置検出手段からの信号を利用して該移動機構の真直度を測定していることを特徴とする真直度測定装置。

【請求項4】 前記反転手段は収束レンズ系とその焦点面に反射面を設けたキャッツアイ光学系又はコーナーキューブを有していることを特徴とする請求項2又は3の真直度測定装置。

【請求項5】 前記光分割手段と前記光合成手段は同一部材であることを特徴とする請求項2又は3の真直度測定装置。

【請求項6】 光源手段からの光束を光分割手段で2つの光束に分割し、該2つの光束のうち一方の光束の上下左右方向を反転手段で反転させた後、他方の光束と光合成手段で合成し、該合成光を移動機構に導光し、該移動機構に設けた光学部材を介した光束を光点位置検出手段に導光し、該光点位置検出手段からの信号を利用して該移動機構の真直度を測定していることを特徴とする真直度測定装置。

【請求項7】 前記光学部材と前記反転手段は収束レンズ系とその焦点面に反射面を設けたキャッツアイ光学系又はコーナーキューブを有していることを特徴とする請求項6の真直度測定装置。

【請求項8】 前記光分割手段と前記光合成手段は同一部材であることを特徴とする請求項6の真直度測定装置。

## 【発明の詳細な説明】

## 【0001】

【産業上の利用分野】本発明は真直度測定装置及びそれを用いた真直度測定装置に関し、特に加工装置、形状測定装置等に用いられる移動機構の真直度を測定し、制御する際に好適なものである。

## 【0002】

【従来の技術】加工装置や形状測定装置に用いられる移動機構は該装置の基準軸を形成するもので、装置の構成上、最も重要な要素である。移動機構の移動精度は図2

に示すように6種類の成分に分解して考えることができる。

【0003】即ち、移動機構の移動方向をZ軸、他の互いに直交する2つの軸をX、Yとしたとき、移動成分はX、Y、Z方向の変位 $\Delta X$ 、 $\Delta Y$ 、 $\Delta Z$ 及びX、Y、Z軸回りの回転変位成分 $\Delta \theta_x$ 、 $\Delta \theta_y$ 、 $\Delta \theta_z$ に分解される変位 $\Delta X$ 、 $\Delta Y$ をここでは真直度と呼び、後述するようにこの真直度を測定する方法及び装置を提供することを本発明の目的としている。

【0004】真直度の測定については従来から種々の方法が提案されている。

【0005】図3はAnnals of the CIRP Vol.37/1/1988, p.523に掲載されているレーザービームの直進性を利用した方法の原理説明図である。

【0006】図3において、1はレーザー光源であり、ベース100に固定されており、レーザービーム2を射出している。22は移動機構であり、ベース100に対してレーザービームの方向、即ち図中のZ方向(移動方向23)に移動するように設けられている。移動機構22上にはピエゾアクチュエータ203で駆動されているXY微動機構202が配置しており、レーザービーム2はXY微動機構202に固定された光点位置検出用の4分割フォトダイオード(QPD)201に入射する。

【0007】QPD201で測定したビーム入射位置はピエゾアクチュエータ203にフィードバックされ、QPD201に入射するレーザービームの位置が常に一定となるように制御系を形成している。この時のピエゾアクチュエータ203に印加する電圧から移動機構22の $\Delta X$ 、 $\Delta Y$ 方向の変位、即ち真直度を測定している。

## 【0008】

【発明が解決しようとする課題】図3に示した装置では真直度測定の基準としてレーザービームの直線性を利用している為、種々の問題点がある。これらの問題点はレーザービーム自体の安定性に起因するものと、レーザーの発する熱が周囲に与える副次的なものとがある。例えば次のような問題点がある。

【0009】(A1) レーザービームのエネルギー中心位置の時間的変化、不安定性によるもの

レーザービームの指向性は、例えばレーザー光源に用いられる共振器両端のミラーの熱による位置ずれやミラー自身の熱変形等の為にわずかにながらレーザービームのエネルギー中心がビーム進行方向に対して直角方向にずれたり、その進行方向が時間と共に変化したりする。このレーザービームのふれは従来例ではそのままテーブルの真直度として出力されてしまうので測定精度を悪化させる。

【0010】(A2) レーザービームのエネルギー分布によるもの

実際のレーザービームのエネルギー分布は一般に、一様ではなく、ビーム進行方向についても時間と共に変化す

る。このビームのエネルギー分布の変化によってQPDの出力が変化し、従来例では測定精度を悪化させる。

【0011】(A3) 環境温度への影響によるもの

一般にレーザー光源は発熱するが、レーザーの発生する熱によってレーザービームが影響を受け、偏向したり、エネルギー分布が変化したりすることについてはすでに述べたが、更に、発熱が周囲の温度を上昇させることを考えると、アプリケーションによっては問題となる。

【0012】例えば周囲の温度変化によって、被測定物の熱変形が容易におきてしまうと想定される、精密な形状測定装置等に応用する場合、発熱源が移動体のそばにあるのは好ましくない。

【0013】(A4) 測定基準であるレーザー光源の熱対策によるもの

従来例では真直度の基準がレーザー光源であり、レーザー光源に対する移動機構の変位を測定する。従って測定基準であるレーザー光源が動かないという保証がなければ測定に信頼性がない。

【0014】ところが、従来例の真直度基準であるレーザー光源そのものが発熱源でもある為、レーザー自身、そしてレーザー取付構造物等の熱変形をおさえる為、精密な温度コントロールが必要となる。

【0015】本発明は、レーザー光源等の光源手段からの光束を用いて移動機構の真直度を測定する際に、光源手段からの光束のエネルギー中心位置やエネルギー分布が時間的に変化、及び不安定になったりしても移動機構の真直度を高精度に測定することができる真直度測定方法及びそれを用いた真直度測定装置の提供を目的とする。

【0016】

【課題を解決するための手段】

(1-1) 本発明の真直度測定方法は、光源手段からの光束を2つの光束に分割し、該2つの光束のうち一方の光束の上下左右方向を反転させた後、他方の光束と合成し、次いで該合成光を移動機構に導光することにより該移動機構の真直度を測定したことを特徴としている。

【0017】(1-2) 本発明の真直度測定装置は、

(1-2-1) 光源手段からの光束を光分割手段で2つの光束に分割し、該2つの光束のうち一方の光束の上下左右方向を反転手段で反転させた後、他方の光束と光合成手段で合成し、該合成光を利用して移動機構の真直度を測定していることを特徴としている。

【0018】(1-2-2) 光源手段からの光束を光分割手段で2つの光束に分割し、該2つの光束のうち一方の光束の上下左右方向を反転手段で反転させた後、他方の光束と光合成手段で合成し、該合成光を移動機構に設けた光点位置検出手段に導光し、該光点位置検出手段からの信号を利用して該移動機構の真直度を測定していることを特徴としている。

【0019】特に、前記反転手段は収束レンズ系とその

焦点面に反射面を設けたキャツツアイ光学系又はコーナーキューブを有していることや、前記光分割手段と前記光合成手段は同一部材であること等を特徴としている。

【0020】(1-2-3) 光源手段からの光束を光分割手段で2つの光束に分割し、該2つの光束のうち一方の光束の上下左右方向を反転手段で反転させた後、他方の光束と光合成手段で合成し、該合成光を移動機構に導光し、該移動機構に設けた光学部材を介した光束を光点位置検出手段に導光し、該光点位置検出手段からの信号を利用して該移動機構の真直度を測定していることを特徴としている。

【0021】特に、前記光学部材と前記反転手段は収束レンズ系とその焦点面に反射面を設けたキャツツアイ光学系又はコーナーキューブを有していることや、前記光分割手段と前記光合成手段は同一部材であること等を特徴としている。

【0022】

【実施例】図1は本発明の実施例1の要部概略図である。図中、1は光源手段としてのレーザー光源でレーザービーム2を発生させている。レーザービーム2はレンズ3を用いて光ファイバー4に導光し、レンズ5で平行なレーザービーム6に変換している。このようにファイバー4でレーザービーム2を導くことで、熱源としてのレーザー光源1を本体装置14から隔離している。

【0023】レンズ5からのレーザービーム6は光分割手段としてのビームスプリッタ7に導き、透過ビーム8と反射ビーム9との2つのビームに概略の光強度が等しくなるように分割している。このうち一方の透過した光ビーム8は減光フィルタ17を介して反射鏡11で反射させ、元の光路を戻してビームスプリッタ7で反射させている。

【0024】又他方のビームスプリッタ7で反射した光ビーム9はレンズ12及びレンズ12の焦点面に配置した反射鏡13からなる所謂キャツツアイ光学系101で反射させ、元の光路に戻しビームスプリッタ7を透過させて先程の光ビーム8と重ね合わせて合成光ビーム10にしている。キャツツアイ光学系101は反転手段を構成しており、入射光束の上下左右方向を反転させて元の光路に戻している。

【0025】ビームスプリッタ7の光軸OP中心からレンズ12までの距離dとビームスプリッタ7の光軸OP中心から反射鏡11までの距離dが等しくなるようにしている。又合成光ビーム10のうち反射鏡11で反射した光ビーム8とキャツツアイ光学系101で反射した光ビーム9との光強度が等しくなるようにビームスプリッタ7の反射率や反射鏡11と反射鏡13の反射率を設定している。若しくはビームスプリッタ7と反射鏡11の光路中に設けた減光フィルタ17を用いて両者の光強度が等しくなるようにしている。

【0026】図4はビームスプリッタ7を光合成手段と

して用いたときの2つの光ビーム8, 9との重ね合わせを示す説明図である。光ビーム8の光強度分布を $f(x, y)$ としたとき、ビームスプリッタ7で合成する\*

$$g(x, y) = \{f(x, y) + f(-x, -y)\} / 2 \quad \dots \dots (1)$$

となる。

【0027】本実施例において得られた合成光ビーム10の光強度分布 $g(x, y)$ はXY座標の原点に対して点対象となる。即ち

$$g(x, y) = g(-x, -y) \quad \dots \dots (2)$$

従って、光強度を積算した光ビーム強度の重心、即ち光ビームの中心位置はXY軸の原点となる。しかも(2)式の関係は $f(x, y)$ の如何によらず成立する。従って後述するように光源からの光ビームがゆらいでも光強度 $g(x, y)$ の重心位置は影響を受けない。

【0028】本実施例において前述した光学要素はハウジング(本体)14に固定して設け、ハウジング14は図示しないベースに固定している。

【0029】一方ベース(不図示)に対して1軸方向に16に移動可能に設けた移動体(移動機構)15に固定して光点位置検出手段としての4分割のフォトダイオード24aを設け、先程の合成光ビーム10を入射させている。

※

$$e_x = (ea1+ea2-ea3-ea4) / (ea1+ea2+ea3+ea4) \quad \dots \dots (3)$$

$$e_y = (ea1+ea4-ea2-ea3) / (ea1+ea2+ea3+ea4) \quad \dots \dots (4)$$

より得ている。

【0033】このように計算することにより、入射する全光量の変動に影響されないでフォトダイオード24aに入射する合成光ビーム10の光点位置のX方向及びY方向に対応した信号 $e_x, e_y$ を得ている。

【0034】今、上記構成において移動体15が移動方向16に移動するに従い、真直度誤差 $\Delta X, \Delta Y$ が図1中のX, Y方向に生じたとする。すると合成光ビーム10と光点位置検出手段であるフォトダイオード24aの相対位置が $\Delta X, \Delta Y$ だけ変化する。このとき図5に示した回路の出力する電圧信号 $e_x, e_y$ は前述したように $\Delta X, \Delta Y$ 、即ち真直度を表すものとなる。

【0035】次に本実施例において光ビーム6がゆらいでも影響を受けないことを説明する。図6、図7は図1のビームスプリッタ7近傍の光ビームの説明図である。

【0036】光の直進性に基づいた幾何光学の見地に立ち、入射する光ビームを多数の光線の集合と考え、その1本の光線L0がまず、図6に示すように光軸OPに平行で $\delta$ だけ離れているとする。ビームスプリッタ7を通過し、反射鏡M1で反射した光線は光軸OP中心から $\delta$ 離れた光線L1となり出射する。

【0037】一方ビームスプリッタ7で反射した光ビームはキャッツアイ光学系101により $\delta$ だけ反対方向に平行移動し、光線L2となる。

【0038】前述したように光線L1及び光線L2は光強度が等しくなるように調整されている為、ビーム光強

\* ときの光ビーム9の光強度分布は $f(-x, -y)$ となる。このときの光ビーム8, 9の合成光ビーム10の光強度 $g(x, y)$ は

$$g(x, y) = \{f(x, y) + f(-x, -y)\} / 2 \quad \dots \dots (1)$$

※【0030】本実施例では(2)式に示す光ビーム $g(x, y)$ を真直度の基準とし、移動体15に固定して設けた光点位置検出手段24aによってこの光ビームの位置を測定することにより移動体15の真直度を光源の光ビームのゆらぎに影響されず、測定可能にしている。

10 【0031】次に本実施例の各要素の特徴について説明する。図5はフォトダイオード24aで得られる光信号の処理回路の説明図である。

【0032】合成光ビーム10の入射位置を検出する4分割のフォトダイオード24aは4分割された受光面に入射する光量に対応した信号25a, 26a, 27a, 28aを出力するのでこれをアンプ29aで増幅し、それぞれの光量に対応した信号ea1, ea2, ea3, ea4を得ている。これらの信号を演算回路30a, 31a及び32aで足し算、又は引き算し、割り算回路33aを用いて4つの信号の和で割り算する。即ちX軸方向に関する信号を $e_x$ 、Y軸方向に関する信号を $e_y$ としたとき

$$e_x = (ea1+ea2-ea3-ea4) / (ea1+ea2+ea3+ea4) \quad \dots \dots (3)$$

$$e_y = (ea1+ea4-ea2-ea3) / (ea1+ea2+ea3+ea4) \quad \dots \dots (4)$$

度の重心位置は影響を受けない。

【0039】次に図7に示すように光軸OPから角度 $\theta$ だけ離れた光線L0について説明する。図6と同様にビームスプリッタ7を通過し、反射鏡M1で反射した光線は光軸OP中心から角度 $\theta$ 離れた光線L1となり出射する。

30 【0040】一方ビームスプリッタ7で反射した光ビームはキャッツアイ光学系101により角度 $\theta$ だけ反対方向に向きが変わり光線L2となる。前述したように光線L1及び光線L2は光強度が等しくなるように調整されている為、ビーム光強度の重心位置は影響を受けない。このときビームスプリッタ7の中心から反射鏡M1までの距離d1とレンズ12の中心までの距離d2が等しくなるようにしている。

40 【0041】以上のように光ビーム6がこれら光線L0の集合であることを考えると光ビーム6の向きや光強度分布が変動しても光点位置検出手段24aの出力は変動せず、影響を受けない。

【0042】本実施例ではこのようにして入射光ビームの変動に影響されないで移動体15の真直度測定を可能としている。

【0043】図8は本発明の実施例2の要部概略図である。本実施例は図1の実施例1に比べて光分割手段として偏光ビームスプリッタ14を用い、分割した2光束の光路中に各々 $\lambda/4$ 板18a, 18bを配置して光量の有効利用を図っている点が異なっており、この他の構成

は同じである。

【0044】本実施例において光ビーム6の垂直偏光成分は偏光ビームスプリッタ14で反射して1/4波長板18aを通過して円偏光となり、キャッツアイ光学系101で反射した後、再び1/4波長板18aを通過し、このとき水平偏光となり、偏光ビームスプリッタ14を通過する。

【0045】一方偏光ビームスプリッタ14を通過した光ビーム6の水平偏光成分は1/4波長板18bを通過して円偏光となり、反射鏡11で反射した後、再び1/4波長板18bを通過するので、このとき垂直偏光となり、偏光ビームスプリッタ14で反射する。このとき偏光ビームスプリッタ14で合成した合成光ビーム10は偏光の方向が90度異なるので干渉の影響は受けない。

【0046】本実施例ではこのときの合成光ビーム10を用いて光量の有効利用を図りつつ、実施例1と同様の効果を得ている。

【0047】図9は本発明の実施例3の要部概略図である。本実施例は図8の実施例2に比べて減光フィルタ17の代わりにデボラライザ19と偏光板20を用い、これらをレンズ5と偏光ビームスプリッタ14との間の光路中に設けている。そしてキャッツアイ光学系101からの光ビームと反射鏡11からの光ビーム強度を等しくする為に減光率を連続的に変化させている点が異なっており、その他の構成は同じである。

【0048】本実施例において光ビーム6はデボラライザ19によって偏光をなくした後、偏光板20により偏光ビームスプリッタ14に対して適当な角度の直線偏光にしている。このときこの角度を調節することにより偏光ビームスプリッタ14を透過・反射する光ビームの強度を変えて前述した減光率を連続的に、しかも簡便に変えている。

【0049】尚本実施例において光ビーム6の水平、及び垂直偏光成分の光強度分布に差がないときはデボラライザ19は必要ない。

【0050】図10は本発明の実施例4の要部概略図である。本実施例は図8の実施例2に比べてキャッツアイ光学系101の代わりにコーナーキューブ22を用いている点が異なっており、この他の構成は同じである。

【0051】次に本実施例において光ビーム6がゆらいでも影響を受けないことを説明する。

【0052】図11、図12は図10の偏光ビームスプリッタ14近傍の光束の説明図である。尚図11、図12では偏光板18a、18b、減光フィルタ17は省略している。

【0053】光の直進性に基づいた幾何光学の見地に立ち、入射する光ビームを多数の光線の集合と考え、その1本の光線L0がまず図11に示すように光軸OPに平行で $\delta$ だけはなれないとする。ビームスプリッタ14を通過し、反射鏡11で反射した光線は光軸OP中心か

ら $\delta$ 離れた光線L1となり出射する。

【0054】一方ビームスプリッタ14で反射した光ビームはコーナーキューブ22により $\delta$ だけ反対方向に平行移動し、光線L2となる。前述したように光線L1及びL2は光強度が等しくなるように調整されている為、ビーム光強度の重心位置は影響を受けない。

【0055】次に図12に示すように光軸から角度 $\theta$ だけ離れた光線L0について説明する。図11と同様にビームスプリッタ14を通過し、反射鏡11で反射した光線は光軸OP中心から角度 $\theta$ 離れた光線L1となり出射する。

【0056】一方ビームスプリッタ14で反射した光ビームはコーナーキューブ22により角度 $\theta$ だけ反対方向に向きが変わり、光線L2となる。

【0057】前述したように光線L1及びL2は光強度が等しくなるように調整されている為、ビーム光強度の重心位置は影響を受けない。このときビームスプリッタ14の中心から反射鏡M1までの距離d1とコーナーキューブ22の頂点までの距離d2が等しくなるようにしている。

【0058】以上のように光ビーム6がこれら光線L0の集合であることを考えると光ビーム6の向きや光強度分布が変動しても光点位置検出手段24aの出力は変動せず、影響を受けない。

【0059】本実施例ではこのようにして入射光ビームの変動に影響されないで移動体15の真直度測定を可能にしている。

【0060】尚本実施例においてコーナーキューブ22の頂点付近に入射する光線はコーナーキューブ22の製作上の問題から正しく反射されない場合には、レンズ5と偏光ビームスプリッタ14との間にマスク21を設け、光ビーム6の中央付近をマスクすれば良い。

【0061】図13は本発明の実施例5の要部概略図である。本実施例は図1の実施例1の各要素を用いて具体的に移動体(移動機構)15の真直度を測定する場合を示している。図中、図1で示した要素と同一要素には同符番を付している。

【0062】図中、55は図1に示すハウジング14内の各要素を有する光学系であり、ベース100に固定している。図1の実施例1と同様にレーザ光源1からのレーザ光2をレンズ3とファイバー4を介して光学系55に導光している。

【0063】一方ベース100に対して移動可能に設けられた被測定物である移動機構15にX、Y方向に微小量移動可能な微動テーブル58を設けている。そして移動機構15に微動テーブル58を駆動する駆動手段59及びその変位を測定する変位計60を設けている。

【0064】微動テーブル58に実施例1と同じ光点位置検出手段54を設け、光点位置検出手段54からの信号を演算回路56に入力し、これより真直度誤差の信号

$e_x, e_y$  を求めている。

【0065】この演算回路56から出力する真直度に対する信号 $e_x, e_y$ をアンプ57に導き、先程の微動テーブル58の駆動手段59にフィードバックし、これより微動テーブル58を動かすことによって信号 $e_x, e_y$ がゼロになるように制御している。

【0066】このときの微動テーブル58の変位を変位系60で測定し、その変位計の出力するX, Y方向の変位を $S_x, S_y$ とすると、それは微動テーブル58の真直度 $\Delta X, \Delta Y$ に相当する。

【0067】本実施例の場合、光点位置検出系54が非線形であっても、即ちビーム位置の変化信号と $e_x, e_y$ が比例しない場合でもそのゼロ点しか使用していない為、高精度な真直度測定が可能となる。

【0068】本実施例では光点位置検出手段54の誤差(非線形誤差)に影響されないので精度が向上する(この場合の精度は変位計60の測定誤差のみに依存する)。又光点位置検出手段54はビーム位置の検出分解能のみを高めるように構成すれば良い為、実際の回路設計時の制約(例えばリニアリティ、歪率等に関する制約)が少なく、調整時が楽となる。

【0069】図14は本発明の実施例6の要部概略図である。本実施例は図13の実施例5に比べて移動機構15上に光学系15を設け、ベース100に光点位置検出手段54と微動テーブル58、駆動手段59(不図示)、そして変位系60(不図示)を設けている点が異なっており、この他の構成は同じである。

【0070】本実施例によれば光点位置検出手段54がベース100に固定されている為、その出力信号を取り出すケーブルもベース100に固定することができる。従ってケーブルが移動体15と共に移動する実施例5に比べ、ケーブルの曲げ延ばしがなく、断線等に対する信頼性が向上する。又ケーブルは固定なのでケーブルが外部磁場から受けるノイズもテーブル位置によって変化せず、対策がしやすいといった効果がある。

【0071】図15は本発明の実施例7の要部概略図である。本実施例は図1の実施例1に比べて移動体15に光点位置検出手段を設ける代わりにハウジング14内にビームスプリッタ36と光点位置検出手段24aを設け、移動体15内にはレンズ34とその焦点面に配置した凹反射鏡35から成るキャツツアイ光学系102を設けている点が異なっており、この他の構成は同じである。

【0072】本実施例ではビームスプリッタ7からの合成光ビーム10をビームスプリッタ36を通過させて移動体15内のキャツツアイ光学系102で反射させ、元の光路に戻している。そしてハウジング14内のビームスプリッタ36で反射させて光点位置検出手段24aに導光している。そして光点位置検出手段24aからの信号を用いて実施例1と同様にして移動体15の真直度を

測定している。

【0073】本実施例によれば移動体15の真直度誤差 $\Delta X, \Delta Y$ に対し、移動体15上のキャツツアイ光学系102で反射した光ビームの光点位置検出手段24a面上での位置は $2\Delta X, 2\Delta Y$ となり、実施例1に比べて検出感度が2倍になる。

【0074】又光点位置検出手段である4分割フォトダイオード及びそれに付随するケーブル等がビーム出射側にある。従ってケーブルが移動体15と共に移動する実施例1に比べ、ケーブルの曲げ延ばしがなく、断線等に対する信頼性が向上する。又ケーブルは固定なのでケーブルが外部磁場から受けるノイズもテーブル位置によって変化せず、対策がしやすいという効果がある。

【0075】尚本実施例において移動体15に設置するキャツツアイ光学系102の代わりにコーナーキューブを用いても良い。

【0076】図16は本発明の実施例8の要部概略図である。本実施例は図1の実施例1に比べて移動体15に光点位置検出手段を設ける代わりにハウジング14内に光点位置検出手段24aを設け、移動体15内にはレンズ34とその焦点面に配置した凹反射鏡35から成るキャツツアイ光学系102を設けている点が異なっており、この他の構成は同じである。

【0077】本実施例ではビームスプリッタ7からの合成光ビーム10を移動体15内のキャツツアイ光学系102で反射させ、元の光路に戻している。そしてハウジング14内に設けた光点位置検出手段24aに導光している。そして光点位置検出手段24aからの信号を用いて実施例1と同様にして移動体15の真直度を測定している。

【0078】本実施例は実施例7に比べてビームスプリッタ36を用いていないので光量損失が少ないという特長がある。

【0079】尚本実施例においてキャツツアイ光学系102の代わりにコーナーキューブを用いても良い。

【0080】

【発明の効果】本発明によれば以上のように各要素を設定することにより、レーザー光源等の光源手段からの光束を用いて移動機構の真直度を測定する際に、光源手段からの光束のエネルギー中心位置やエネルギー分布が時間的に変化、及び不安定になつたりしても移動機構の真直度を高精度に測定することができる真直度測定方法及びそれを用いた真直度測定装置を達成することができる。

【0081】この他本発明によれば、

(B1) 光源手段から出力される光ビーム出射角のふれの影響はキャンセルされ、影響がなくなる。従って高精度な真直度測定が可能となる。

(B2) 光源手段から出力される光ビームのエネルギー分布の不均一性もやはりキャンセルされ

る。従って高精度な真直度測定が可能となる。

【0083】(B3) 前述したように本発明に使用する光源は光ビーム出射角のふれや光ビームのエネルギー分布のむらが大きくても構わない。従って(B3-1)価格の安い半導体レーザや高輝度LEDを光源に用いることも可能であり、装置のコスト、及びサイズを小さくすることができます、(B3-2)光源に対する許容範囲が大きいので応用範囲が広がる。

【0084】(B4) 真直度の基準がビームスプリッタや鏡等、光学部品であり、発熱しない。従って(B4-1)温度ドリフト等の問題がなく、高い測定精度が可能となる。特に低熱膨張ガラス等で光学系を製作すれば更に効果が増強される、(B4-2)特別なクリーリング、温度制御等を必要とせず、コストダウンに役立つ。

【0085】(B5) 発熱源である光源を遠くに配置しても精度を低下させることができない。従って環境温度への影響が厳しい、例えば形状測定装置等への応用が容易になる。

等の効果を有した真直度測定方法及びそれを用いた真直度測定装置を達成することができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】 本発明の実施例1の要部概略図

【図2】 移動機構の移動精度の説明図

【図3】 従来の真直度測定装置の要部概略図

【図4】 本発明に係る2光束の合成を示す説明図

【図5】 図1の光点位置検出手段からの出力信号の処理回路の説明図

【図6】 図1の一部分の説明図

【図7】 図1の一部分の説明図

【図8】 本発明の実施例2の要部概略図

【図9】 本発明の実施例3の要部概略図

【図10】 本発明の実施例4の要部概略図

【図11】 図10の一部分の説明図

【図12】 図10の一部分の説明図

【図13】 本発明の実施例5の要部概略図

【図14】 本発明の実施例6の要部概略図

【図15】 本発明の実施例7の要部概略図

【図16】 本発明の実施例8の要部概略図

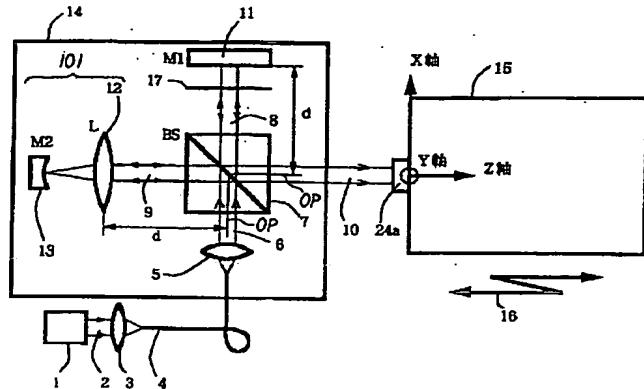
【符号の説明】

1 光源

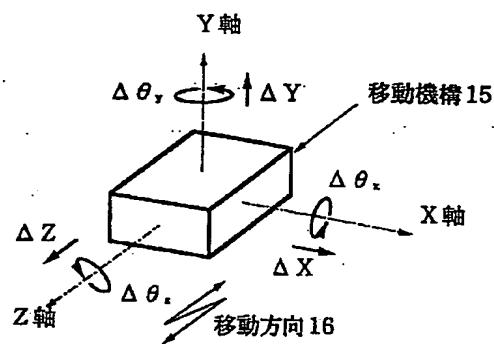
2, 6 光ビーム

3	レンズ1
4	光ファイバー
5	レンズ2
7, 36	ビームスプリッタ (BS)
8	ビームスプリッタを通過した光ビーム
9	ビームスプリッタを反射した光ビーム
10	合成した光ビーム
11	平面反射鏡 (M1)
12, 34	正のレンズ (L)
13	凹面反射鏡 (M2)
14	偏光ビームスプリッタ (PBS)
15	移動体
16	移動方向
17	減光フィルタ
18a, 18b	1/4波長板 ( $\lambda/4$ )
19	デポラライザ (DP)
20	ポラライザ (偏光板、P)
21	マスク
22	コーナーキューブ (CC)
20	4分割フォトダイオード
25	フォトダイオードの出力1
26	フォトダイオードの出力2
27	フォトダイオードの出力3
28	フォトダイオードの出力4
29, 57	アンプ
30	演算回路1
31	演算回路2
32	足し算回路
33	割り算回路
30	凹レンズ
54	光点位置検出手段
55	光学系
56	演算回路系
58	X Y微動テーブル
59	X Y微動テーブルの駆動手段
60	変位計
100	ベース
101, 102	キャッツアイ光学系
201	4分割ピンフォトダイオード (QPD)
40	X Y微動機構
203	ピエゾアクチュエータ

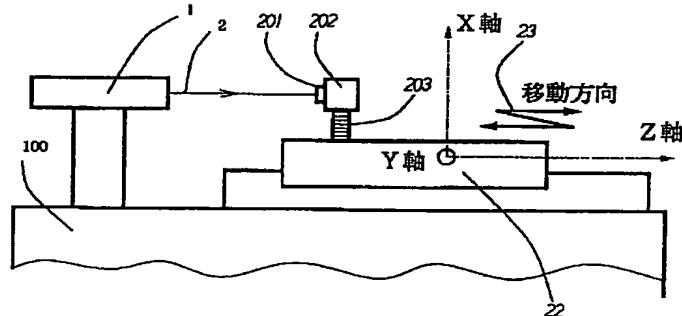
【図1】



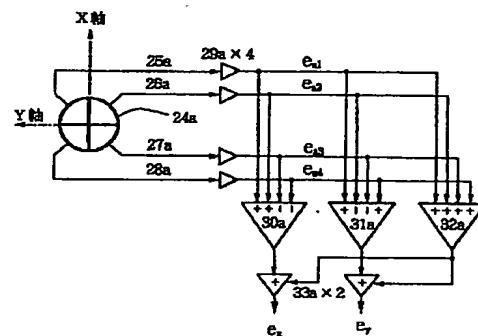
【図2】



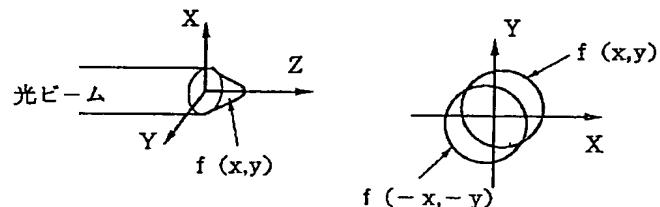
【図3】



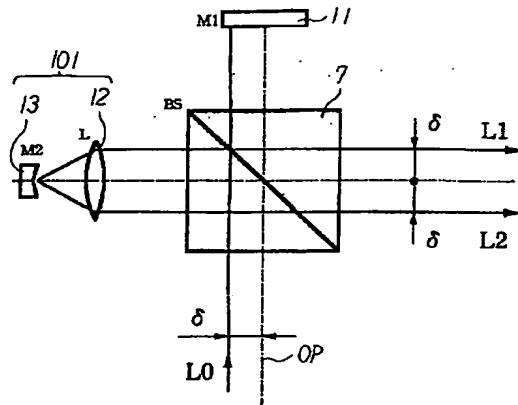
【図5】



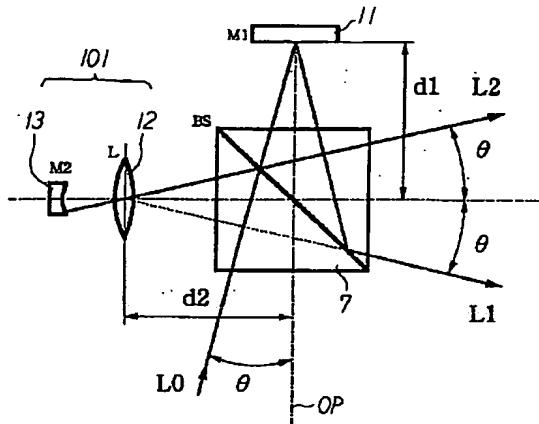
【図4】



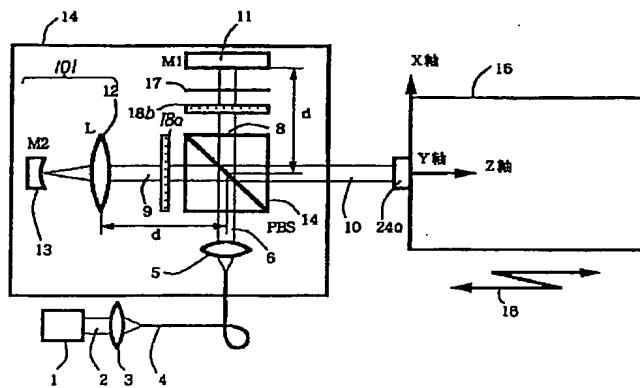
【図6】



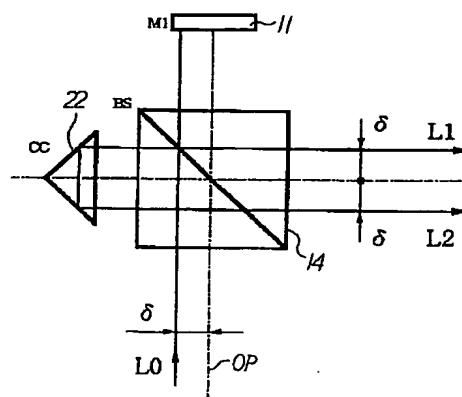
[図 7]



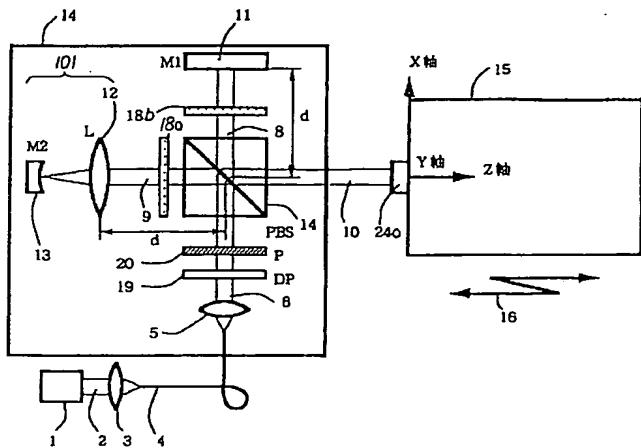
【图8】



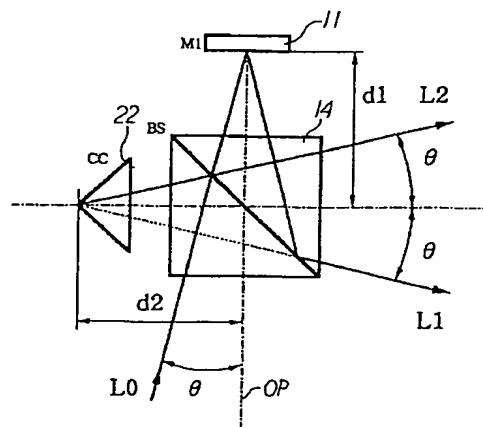
[图 11]



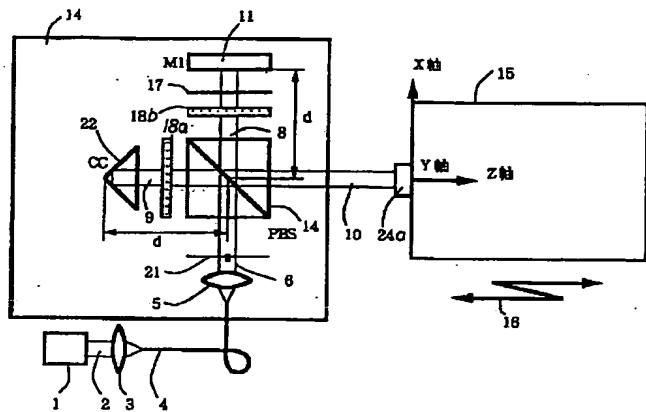
[図9]



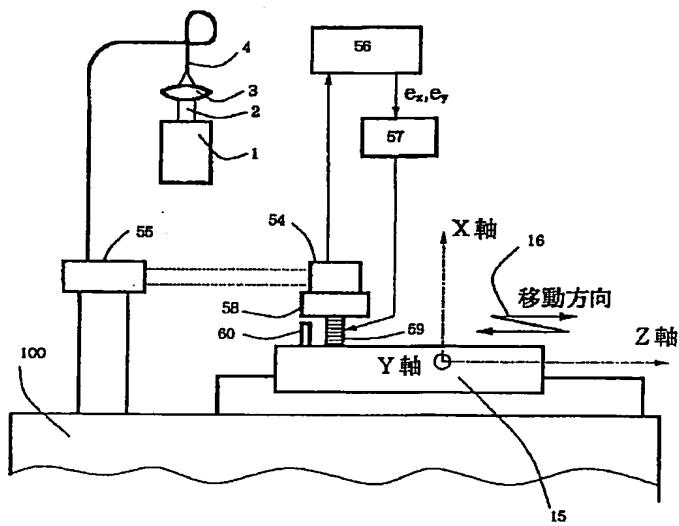
[図12]



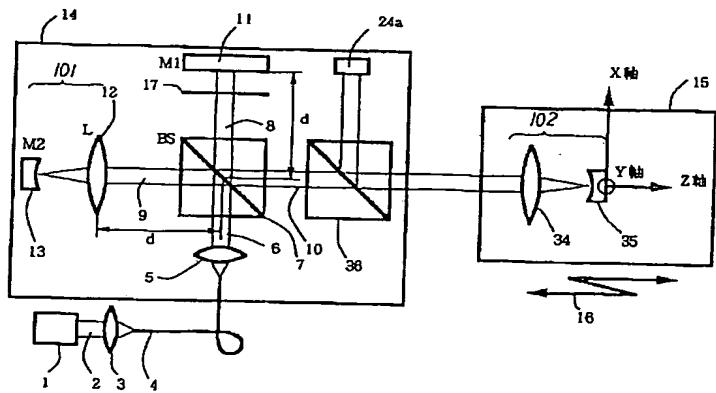
【図10】



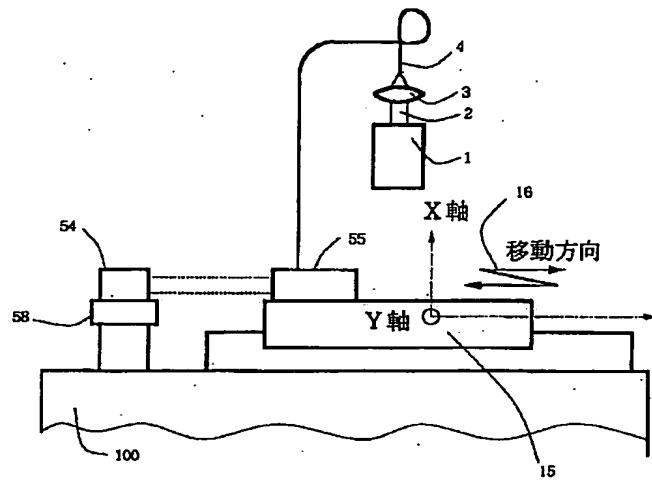
【図13】



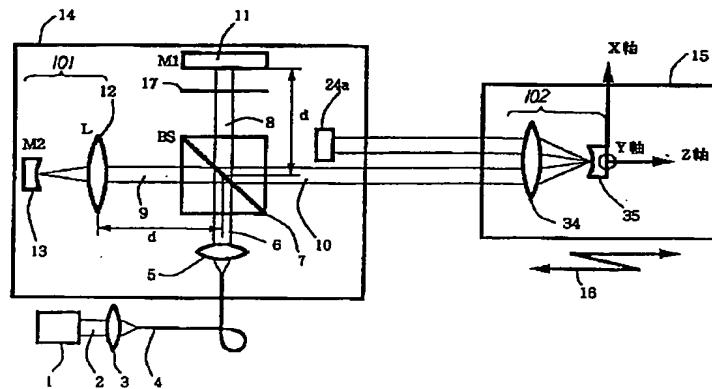
### 【図15】



【图】4】



【図】6】



【公報種別】特許法第1.7条の2の規定による補正の掲載

【部門区分】第6部門第1区分

【発行日】平成13年12月14日(2001.12.14)

【公開番号】特開平7-332957

【公開日】平成7年12月22日(1995.12.22)

【年通号数】公開特許公報7-3330

【出願番号】特願平6-151660

【国際特許分類第7版】

G01B 11/30 101

【F I】

G01B 11/30 101 A

【手続補正書】

【提出日】平成13年5月28日(2001.5.28)

8)

【手続補正1】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0029

【補正方法】変更

【補正内容】

【0029】一方ベース(不図示)に対して1軸方向16に移動可能に設けた移動体(移動機構)15に固定して光点位置検出手段としての4分割のフォトダイオード24aを設け、先程の合成光ビーム10を入射させていく。

【手続補正2】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0069

【補正方法】変更

【補正内容】

【0069】図14は本発明の実施例6の要部概略図である。本実施例は図13の実施例5に比べて移動機構15上に光学系55を設け、ベース100に光点位置検出手段54と微動テーブル58、駆動手段59(不図示)、そして変位系60(不図示)を設けている点が異なっており、この他の構成は同じである。